

ANALISIS EKSPERIMENTAL GETARAN BALOK KAYU EBONI DENGAN METODE FUNGSI TRANSFER

Naharuddin *

Abstract

The aim of the research is to establish the characteristic of ebony beam vibration by using simple beam, fixed-end beam, and cantilever beam. The dimension of the specimen are 850 mm long, 25 mm wide and varying thickness of 10 mm, 12,5 mm, and 15 mm. The working load at the system in the form of motor exciter with unbalance saucer is placed in L/2 of ebony beam. The data measurement are motor rotation and amplitude. The data analysis uses method of transfer function. The result of the research indicates the natural frequency value ω_n , stiffness k , and critical damping coefficient C_k for every support, have the maximum values for 15 mm thickness. Their values are as follows : simple beam ($\omega_n = 99,4333 \text{ rad/s}$, $k = 31092,495 \text{ N/m}$, and $C_k = 625,4148 \text{ Ns/m}$); Fixed-end beam ($\omega_n = 230,2667 \text{ rad/s}$, $k = 174538,085 \text{ N/m}$, and $C_k = 1515,9430 \text{ Ns/m}$) and cantilever beam ($\omega_n = 36,6333 \text{ rad/s}$, $k = 4398,21 \text{ N/m}$, and $C_k = 237,1397 \text{ Ns/m}$).

Keywords: vibration, ebony beam, transfer function

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan karakteristik getaran balok kayu eboni yang menggunakan tumpuan sederhana, jepit-jepit, dan kantilever. Dimensi spesimen yaitu panjang 850 mm, lebar 25 mm, dan tebalnya bervariasi 10 mm, 12,5 mm, dan 15 mm. Beban yang bekerja pada sistem berupa motor eksiter dengan piring ketidakseimbangan yang diletakkan pada L/2 balok kayu eboni. Pengukuran data adalah putaran motor dan amplitudo. Analisis data dengan metode fungsi transfer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai frekuensi pribadi ω_n , kekakuan k , dan koefisien redaman kritis C_k untuk setiap jenis tumpuan, terbesar pada ketebalan 15 mm. Nilai-nilai tersebut adalah sebagai berikut : tumpuan sederhana ($\omega_n = 99,4333 \text{ rad/s}$, $k = 31092,495 \text{ N/m}$, and $C_k = 625,4148 \text{ Ns/m}$); tumpuan jepit-jepit ($\omega_n = 230,2667 \text{ rad/s}$, $k = 174538,085 \text{ N/m}$, and $C_k = 1515,9430 \text{ Ns/m}$) dan tumpuan kantilever ($\omega_n = 36,6333 \text{ rad/s}$, $k = 4398,21 \text{ N/m}$, and $C_k = 237,1397 \text{ Ns/m}$).

Kata kunci: Getaran, balok kayu eboni, fungsi transfer

1. Pendahuluan

Didalam pemilihan dan penggunaan kayu untuk suatu tujuan pemakaian, memerlukan pengetahuan tentang sifat-sifat kayu. Pengujian tentang sifat-sifat kayu terutama sifat-sifat fisik dan mekanik kayu sudah banyak diteliti, namun sifat-sifat kayu yang mengalami beban dinamis masih sangat terbatas.

Selama ini penelitian karakteristik getaran suatu bahan masih lebih banyak pada bahan logam, baik logam ferro maupun logam non ferro, sehingga informasi tentang bahan non logam masih kurang. Hal ini disebabkan oleh

karena bahan logam masih memegang peranan penting, baik dalam permesinan maupun dalam dunia konstruksi. Kayu merupakan bahan non logam, khususnya kayu eboni tentang karakteristik getarannya belum diketahui dengan jelas.

Berdasarkan sifat-sifat fisik kayu, berat jenis kayu erat hubungannya kekuatan kayu atau sifat mekanisnya, makin tinggi berat jenis kayu makin tinggi pula kekuatan kayu. Kayu eboni yang mempunyai berat jenis rata-rata lebih tinggi dari jenis kayu yang lain. Dengan melihat sifat mekanisnya perlu suatu penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik getaran dan besaran-

* Staf Pengajar Program D3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

besaran dinamik dari balok kayu eboni yang mengalami pembebanan dinamis.

Menurut Mohammad Muslich (1997), Kayu eboni (*diospyros celebica* bakh) termasuk salah satu jenis kayu yang tergolong berat, dengan berat jenis rata-rata 1,05. Keawetan dan kekuatannya termasuk kelas satu.

Berdasarkan masalah diatas, perlu dilakukan eksperimen getaran balok kayu eboni dengan tujuan untuk menentukan karakteristik getarannya dengan cara ketebalannya divariasikan dan menggunakan berbagai jenis tumpuan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Kayu Ebony

Kayu eboni adalah kayu yang dihasilkan oleh pohon dari spesies *diospyros celebica* bakh. Di Indonesia kayu ini secara alami tersebar di pulau sulawesi utamanya Poso, Donggala dan Parigi (Sulawesi Tengah), Gowa, Maros, Sidrap, Mamuju dan Luwu (Sulawesi Selatan), dan Gorontalo di Sulawesi Utara (Budi Santoso, 1997).

Menurut Budi Santoso (1997) menyebutkan eboni merupakan pohon yang tegak lurus dapat mencapai tinggi 40 m, batang bebas cabang 20 m, diameter 100 cm, dan akar bumi dapat mencapai 4 m.

2.2 Getaran

Setiap benda atau sistem yang memiliki massa dan sifat elastisitas jika diberi gangguan (ransangan), maka benda atau sistem tersebut akan bergetar. Berdasarkan gangguan yang diberikan pada benda atau sistem, getaran yang timbul dapat diklasifikasikan sebagai getaran bebas dan getaran paksa. Getaran bebas terjadi jika sistem berisolasi tanpa pengaruh gaya luar, sistem berisolasi disebabkan oleh gaya yang berada dalam sistem itu sendiri. Jika suatu sistem diberi gangguan berupa gaya luar, maka akan bergetar pada frekuensi eksitasinya.

2.3 Fungsi Transfer

Analisis karakteristik getaran suatu sistem secara eksperimental dapat

dilakukan dengan menggunakan metode fungsi transfer. Metode fungsi transfer menyatakan hubungan antara keluaran (output) dengan masukan (input) dari suatu sistem getaran dengan cara eksperimental, maka dapat diperoleh informasi berupa frekuensi, resonansi, kekakuan, massa, faktor redaman, koefisien redaman, dan koefisien redaman kritis dari sistem yang bergetar.

Secara matematis fungsi transfer adalah suatu fungsi yang menyatakan hubungan antara output dan input.

$$F(t) \longrightarrow F(t) \longrightarrow F(t)$$

Gambar 1. Hubungan Input-Output Sistem Linier Sederhana

Yang dimaksud fungsi transfer dalam domain frekuensi $H(f)$ adalah :

$$H(f) = \frac{G(f)}{F(f)} \dots\dots\dots(1)$$

2.3.1 Fungsi transfer simpangan terhadap gaya eksitasi

Untuk Fungsi transfer simpangan berlaku hubungan berikut ini:

$$\left| \frac{X}{F} \right|_{res} = \frac{1}{k \cdot 2 \cdot \xi} \dots\dots\dots(2)$$

$$\xi = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2 \cdot \omega_{res}} \dots\dots\dots(3)$$

$$k = \frac{1}{2 \cdot \xi \cdot \left| \frac{X}{F} \right|_{res}} \dots\dots\dots(4)$$

$$Ck = 2 \sqrt{k \cdot m} \dots\dots\dots(5)$$

$$m = \frac{k}{\omega_{res}^2} \dots\dots\dots(6)$$

$$C_{eq} = C = \xi \cdot C \dots\dots\dots(7)$$

Dimana:

- k = Kekakuan
- C_k = Koefisien redaman kritis
- ω = Kecepatan sudut
- m = massa
- ξ = Faktor peredam
- F = Gaya Eksitasi
- X = Amplitudo Kecepatan

2.3.2 Fungsi transfer kecepatan terhadap gaya eksitasi

Dengan mempelajari fungsi transfer simpangan, maka untuk fungsi transfer kecepatan berlaku hubungan berikut ini :

$$\left| \frac{\dot{X}}{F} \right|_{\text{res}} = \frac{1}{C} \dots\dots\dots(8)$$

$$\xi = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2\omega_{\text{res}}} \dots\dots\dots(9)$$

$$C_k = \frac{C}{\xi} \dots\dots\dots(10)$$

$$m = \frac{C_k}{2\omega_{\text{res}}} \dots\dots\dots(11)$$

$$k = \frac{C_k^2}{4m} \dots\dots\dots(12)$$

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Terpakai, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin Makassar. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah balok dari kayu eboni, dimana bahan bakunya diambil dari perusahaan kayu eboni yang ada di Kota Palu. Ukuran benda uji adalah terdiri dari 3 (tiga) variasi ukuran ketebalan, yaitu 10 mm, 12,5 mm dan 25 mm pada kondisi panjang dan lebar yang sama masing-masing 850 mm dan 25 mm. Penelitian ini menggunakan tumpuan sederhana, jepit-jepit, dan kantilever. Posisi peletakan eksiter sama dengan posisi

peletakan alat ukur getaran yaitu $L/2$ dari tumpuan.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : Vibrator meter untuk pengukuran amplitudo simpangan dan kecepatan, unit pengatur kecepatan, tachometer untuk mengukur kecepatan motor, dan motor penggerak (Eksiter). Pengambilan data dilakukan dengan pengukuran. Data pengukuran berupa putaran (n), amplitudo simpangan (X), dan gaya eksitasi (F) dengan $F = \text{input}$ dan $X, \dot{X} = \text{output}$. Data hasil pengukuran berupa putaran (n) diubah menjadi kecepatan sudut (ω), simpangan (X), dan amplitudo kecepatan (\dot{X}) serta gaya eksitasi F . Hasil perubahan ini dibuat dalam bentuk grafik. Dengan demikian akan diperoleh faktor peredam ξ . Harga faktor peredam yang diperoleh dimasukkan dalam persamaan (2) sehingga diperoleh kekakuan k persamaan (4). Selanjutnya koefisien redaman kritis C_k menggunakan persamaan (5), massa m dengan persamaan (6) dan koefisien redaman ekuivalen C persamaan (7).

Pada fungsi kecepatan harga koefisien redaman ekuivalen C diperoleh dari persamaan (9). Dengan menggunakan faktor peredam diperoleh koefisien redaman kritis C_k yang diperoleh dari persamaan (11), kemudian dihubungkan dengan persamaan (12), sedangkan massa m diperoleh dengan menggunakan persamaan (13).

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan getaran balok kayu eboni dengan eksperimental dapat dilakukan dengan metode fungsi transfer simpangan dan kecepatan. Metode ini menggunakan grafik fungsi transfer yang dapat menentukan karakteristik getaran dari sistem bergetar. Nilai karakteristik getaran secara eksperimental dapat disajikan pada tabel 1 sampai tabel 3 dengan

variabel ketebalan 10 mm, 12,5 mm, dan 15 mm yang menggunakan tumpuan sederhana, jepit-jepit, dan kantilever.

4.2 Fungsi transfer simpangan pada tumpuan sederhana

Frekuensi pribadi untuk sistem getaran balok kayu eboni pada tumpuan sederhana untuk variabel ketebalan 10 mm, 12,5 mm, dan 15 mm berturut-turut adalah 57,5667 rad/s, 78,5000 rad/s, dan 99,4333 rad/s. Frekuensi pribadi tergantung pada elastisitas, momen inersia, massa dan panjang. Spesimen yang mempunyai panjang dan lebar untuk setiap ketebalan sama, maka frekuensi pribadi terbesar terjadi pada ketebalan 15 mm, hal ini disebabkan semakin tebal suatu

benda uji semakin besar pula momen inersianya.

Kekakuan sistem getaran pada tumpuan sederhana untuk variabel ketebalan 10 mm, 12,5 mm, dan 15 mm berturut-turut adalah 10104,6437 N/m, 19506,26 N/m, dan 31530,25 N/m. Kekakuan tergantung pada massa dan frekuensi pribadi, dimana pada ketebalan 15 mm mempunyai frekuensi pribadi tertinggi. Dari harga-harga kekakuan yang diperoleh untuk masing-masing ketebalan, dapat dikatakan bahwa semakin tebal suatu benda uji, maka semakin besar massa dan frekuensi pribadi yang akan mempengaruhi sifat kekakuannya.

Tabel 1. Karakteristik getaran balok kayu eboni sistem tumpuan sederhana

No	Fungsi transfer	\dagger (mm)	F (N)	ω_{res} (rad/s)	k (N/m)	m (kg)	Ck (Ns/m)
1	Simp.	10	0,5346	57,5667	10104,64	3,0488	351,039
	kecep.		0,5346	57,5667	10151,38	3,0629	352,065
2	Simp.	12,5	0,9940	78,5000	19506,26	3,1654	496,975
	kecep.		0,9940	78,5000	19139,58	3,1059	487,633
3	Simp.	15	1,5949	99,4333	31530,25	3,1893	634,220
	kecep.		1,5949	99,4333	31351,44	3,1712	630,623

Tabel 2. Karakteristik getaran balok kayu eboni sistem tumpuan jepit-jepit

No	Fungsi transfer	\dagger (mm)	F (N)	ω_{res} (rad/s)	k (N/m)	m (kg)	Ck (Ns/m)
1	Simp.	10	2,7612	130,8333	51721,68	3,0217	790,670
	kecep.		2,7612	130,8333	49698,07	2,9035	759,735
2	Simp.	12,5	5,1071	177,9333	100066,36	3,1606	1124,765
	kecep.		5,1071	177,9333	99773,753	3,1515	1121,494
3	Simp.	15	8,5530	230,2667	176263,01	3,3242	1530,925
	kecep.		8,5530	230,2667	172813,16	3,2591	1500,961

Tabel 3. Karakteristik getaran balok kayu eboni sistem tumpuan kantilever

No	Fungsi transfer	\dagger (mm)	F (N)	ω_{res} (rad/s)	k (N/m)	m (kg)	Ck (Ns/m)
1	Simp.	10	0,0707	20,9333	1294,38	2,9548	123,687
	kecep.		0,0707	20,9333	1296,916	2,9606	123,929
2	Simp.	12,5	0,1104	26,1667	2107,31	3,0770	161,048
	kecep.		0,1104	26,1667	2215,79	3,2354	169,339
3	Simp.	15	0,2165	36,6333	4288,20	3,1960	234,1361
	kecep.		0,2165	36,6333	4398,22	3,2780	240,143

Dengan metode fungsi transfer ini juga dapat diketahui massa sistem yang bergetar tanpa mengetahui dimensi-dimensi atau sifat-sifat sistem yang bergetar. Massa sistem ini dapat dihitung dengan cara nilai kekakuan dibagi dengan nilai kuadrat dari frekuensi pribadi. Massa sistem getaran pada tumpuan sederhana pada ketebalan 10 mm, 12,5 mm, dan 15 mm masing-masing adalah 3,0488 kg, 3,1654 kg, dan 3,1893 kg.

Redaman yang terdapat pada balok kayu eboni disebut redaman struktural atau redaman padat. Koefisien redaman kritis dari masing-masing ketebalan adalah 351,0388 Ns/m, 496,9747 Ns/m, dan 634,220 Ns/m. Nilai redaman kritis dari ketiga variabel ketebalan tersebut, dapat dilihat bahwa pada ketebalan 15 mm memiliki harga terbesar dibanding ketebalan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa ketebalan 15 mm lebih mampu menahan getaran dibanding dengan ketebalan 10 mm, dan 12,5 mm.

4.3 Fungsi transfer simpangan pada tumpuan jepit-jepit

Frekuensi pribadi untuk sistem getaran balok kayu eboni pada tumpuan jepit-jepit untuk variabel ketebalan berturut-turut adalah 130,8333 rad/s, 177,9333 rad/s, dan 230,2667 rad/s. Nilai frekuensi pribadi dari variabel ketebalan, dapat dikatakan bahwa semakin tebal suatu spesimen maka frekuensi pribadi juga semakin besar. Frekuensi pribadi terbesar terjadi pada ketebalan 15 mm, kemudian ketebalan 12,5 mm, dan frekuensi pribadi terkecil terjadi pada ketebalan 10 mm.

Kekakuan sistem getaran balok kayu eboni untuk tumpuan jepit-jepit pada ketebalan 10 mm, 12,5 mm, dan 15 mm masing-masing adalah 51721,68 N/m, 100066,36 N/m, dan 176263,01 N/m. Dari harga-harga kekakuan yang diperoleh untuk masing-masing ketebalan, dapat dikatakan bahwa semakin tebal suatu benda uji, maka semakin besar pula sifat kekakuannya.

Pada tumpuan jepit-jepit, massa sistem terbesar terjadi pada ketebalan 15 mm, kemudian ketebalan 12,5 mm, dan ketebalan 10 mm dengan nilai masing-masing adalah 3,3242 kg, 3,1606 kg, dan 3,0217 kg.

Koefisien redaman kritis tumpuan jepit-jepit masing-masing masing adalah 790,6701 Ns/m 1124,7645 Ns/m, dan 1530,9247 Ns/m. Dari harga-harga koefisien redaman kritis yang diperoleh untuk masing-masing ketebalan untuk setiap jenis tumpuan, dapat dikatakan bahwa semakin tebal suatu benda uji, maka semakin besar pula koefisien redaman kritis.

Nilai karakteristik getaran pada tumpuan jepit-jepit lebih tinggi dari pada tumpuan sederhana. Hal ini menunjukkan bahwa tumpuan jepit-jepit lebih mampu menahan getaran dibandingkan dengan tumpuan sederhana.

4.4 Fungsi transfer simpangan pada tumpuan kantilever

Frekuensi pribadi untuk sistem getaran balok kayu eboni pada tumpuan kantilever untuk variabel ketebalan berturut-turut adalah 20,9333 rad/s, 26,1667 rad/s dan 39,6333 rad/s. Kekakuan sistem getaran balok kayu eboni untuk tumpuan kantilever ketebalan 10 mm, 12,5 mm, dan 15 mm masing-masing dadalah 1294,38 N/m, 2107,31 N/m dan 4398,20 N/m. Massa sistem getaran balok kayu eboni pada ketebalan 10 mm, 12,5 mm, dan 15 mm masing-masing adalah 2,9548 kg, 3,0770 kg dan 3,1960 kg. Koefisien redaman kritis tumpuan kantilever masing-masing adalah 123,687 Ns/m, 165,0481 Ns/m, dan 234,1361 Ns/m.

Seperti pada tumpuan sederhana dan tumpuan jepit-jepit, nilai frekuensi pribadi, kekakuan, koefisien redaman, dan koefisien redaman kritis pada tumpuan kantilever semakin besar dengan bertambahnya ketebalan spesimen. Nilai karakteristik getaran pada tumpuan kantilever lebih rendah dari pada tumpuan sederhana dan jepit-jepit. Hal ini menunjukkan bahwa tumpuan jepit-jepit dan tumpuan

sederhana lebih mampu menahan getaran dibandingkan dengan tumpuan kantilever.

4.5 Fungsi transfer kecepatan

Secara keseluruhan nilai karakteristik getaran yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan menggunakan fungsi transfer kecepatan untuk sistem getaran balok kayu eboni dengan tumpuan sederhana, jepit-jepit, dan kantilever pada prinsipnya sama dengan hasil yang diperoleh dengan menggunakan fungsi transfer simpangan.

Adanya perbedaan-perbedaan yang terjadi dari hasil pengolahan data antara nilai karakteristik dengan menggunakan fungsi transfer simpangan dan fungsi transfer kecepatan disebabkan oleh beberapa faktor antara lain adalah penentuan faktor redaman yang diambil dari grafik fungsi transfer yang memberikan nilai frekuensi sudut (ω_1 dan ω_2) berbeda. Faktor redaman ini akan mempengaruhi perhitungan karakteristik getaran berupa kekakuan, massa, koefisien redaman kritis, dan koefisien redaman ekuivalen. Juga dapat diakibatkan oleh tingkat ketelitian alat ukur vibrator meter untuk pembacaan simpangan maupun pada waktu pembacaan data kecepatan, pengaruh putaran motor yang tidak konstan, secara ideal dapat juga memperbesar perbedaan hasil yang diperoleh.

4.6 Pengaruh variabel ketebalan

Sebagaimana pembahasan pada fungsi transfer untuk tumpuan sederhana, jepit-jepit, dan kantilever memperlihatkan bahwa variabel ketebalan mempengaruhi karakteristik getaran yaitu semakin tebal suatu spesimen, maka semakin besar pula nilai frekuensi pribadi, kekakuan, dan koefisien redaman kritis.

4.7 Pengaruh jenis tumpuan

Berdasarkan jenis tumpuan (ketebalan sama), frekuensi pribadi terbesar terjadi pada tumpuan jepit-

jepit, kemudian tumpuan sederhana, dan terkecil pada tumpuan kantilever. Tumpuan kantilever dengan putaran motor rendah dari eksiter dapat terjadi resonansi, sehingga frekuensi pribadinya rendah. Tumpuan jepit-jepit dimana kedua ujungnya tidak mengalami perputaran sudut, maka butuh putaran tinggi dari eksiter untuk terjadinya resonansi. Resonansi pada tumpuan sederhana dapat terjadi dengan putaran motor eksiter lebih rendah dari jepit-jepit dan lebih tinggi dari kantilever.

Pada variasi tumpuan untuk ketebalan yang sama, diperoleh kekakuan terbesar terjadi pada tumpuan jepit-jepit, kemudian tumpuan sederhana dan terkecil terjadi pada tumpuan kantilever. Kekakuan merupakan fungsi dari jenis tumpuan yang berlaku pada sistem getaran. Tumpuan jepit-jepit timbul gaya vertikal, aksial dan momen pada masing-masing ujung-ujung balok mengakibatkan kekakuannya lebih tinggi. Tumpuan sederhana tidak terjadi momen, yang ada gaya vertikal dan aksial di engsel dan gaya vertikal di roll mengakibatkan kekakuannya lebih rendah dari jepit-jepit. Tumpuan kantilever yang memiliki gaya vertikal, aksial dan momen diujung terjepit tetapi hanya memiliki satu tumpuan, maka kekakuannya lebih rendah dari tumpuan engsel dan kantilever.

Nilai koefisien redaman dan koefisien redaman kritis antara ketiga jenis tumpuan tersebut, dapat dilihat bahwa pada sistem getaran jenis tumpuan jepit-jepit memiliki harga terbesar dibanding dengan tumpuan sederhana dan kantilever untuk ketebalan yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa sistem getaran balok kayu eboni tumpuan jepit-jepit lebih mampu menahan getaran daripada tumpuan sederhana dan kantilever. Pernyataan ini juga berdasarkan pada sistem getaran yang paling cepat mengalami kondisi resonansi adalah tumpuan kantilever dibandingkan dengan tumpuan sederhana dan tumpuan jepit-jepit.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian melalui analisis eksperimental dengan variabel ketebalan dan jenis tumpuan dapat disimpulkan; Nilai frekuensi pribadi ω_n , kekakuan k , dan koefisien redaman kritis C_k untuk setiap jenis tumpuan terbesar pada ketebalan 15 mm. Nilai-nilai tersebut adalah tumpuan sederhana ($\omega_n = 99,4333 \text{ rad/s}$, $k = 31092,495 \text{ N/m}$ dan $C_k = 625,4148 \text{ Ns/m}$); tumpuan jepit-jepit ($\omega_n = 230,2667 \text{ rad/s}$, $k = 174538,085 \text{ N/m}$ dan $C_k = 1515,9430 \text{ Ns/m}$) dan tumpuan kantilever ($\omega_n = 36,6333 \text{ rad/s}$, $k = 4398,21 \text{ N/m}$ dan $C_k = 237,1397 \text{ Ns/m}$). Pengaruh variabel ketebalan terhadap sistem getaran yaitu semakin tebal spesimen, maka semakin besar pula nilai frekuensi pribadi ω_n , kekakuan k , dan koefisien redaman kritis C_k .

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, misalnya dengan meletakkan eksiter sepanjang L balok, panjang balok divariasikan, dan lebar balok divariasikan dengan menggunakan berbagai jenis tumpuan.

6. Daftar Pustaka

- Ali, Irsan. 2003. *Analisis Getaran Secara Teoritis dan Eksperimental Bahan Fiber Glass dengan Berbagai Jenis Tumpuan*. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin
- Ali, Ahmad Latuponu. 2003. *Analisis Karakteristik Getaran Komponen Kelly pada konstruksi Rig Pengeboran Minyak (Kasus Rig Pengeboran Minyak Sistem Mobile Rig)*. Makassar. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
- Grover, G.K. 1997. *Mechanical Vibrations*. Nem Chand & Bros Roorkee.
- Halawar dan M. Bachtiar. 1996. *Mechaniques Des Vibration Linears*. Paris Mossou
- Mappaita, Abdullah. 2002. *Aplikasi Metode Fungsi Transfer pada Analisis Karakteristik Getaran Balok Kayu*. Makassar. Jurnal Penelitian Teknologi (INTEK) Tahun ke-8 No.2. Halaman 105-114.
- Muslich, Muhammad1. 1997. *Peranan Pengeringan dan Pengawetan dalam Rangka Efisiensi Pemakaian Kayu untuk Mebeler dan Barang Kerajinan di Sulawesi*. Makassar. Jurnal Penelitian. Badan Litbang Kehutanan dan Perkebunan Balai Penelitian Kehutanan Makassar.
- Paz, Mario. 1990. *Dinamika Struktur (Teori dan Perhitungan)*. Edisi II. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- Santoso, Budi. 1997. *Budi Daya Tanaman Eboni*. Makassar. Badan Litbang Kehutanan dan Perkebunan, Balai Penelitian Kehutanan Makassar.
- Thomson, W.T. 1986. *Theori of Vibration with Aplcation*. New Delhi. Prentice
- Vierck, Robert K, dkk. 1985. *Analisis Getaran*. Bandung. Eresco
- William W. Seto.B.S. 1985. *Getaran Mekanis*. Seri Buku Schaum Teori dan Soal-Soal. Jakarta. Erlangga